

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-308716

(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
H04L 27/22

(21)Application number : 09-114711

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 02.05.1997

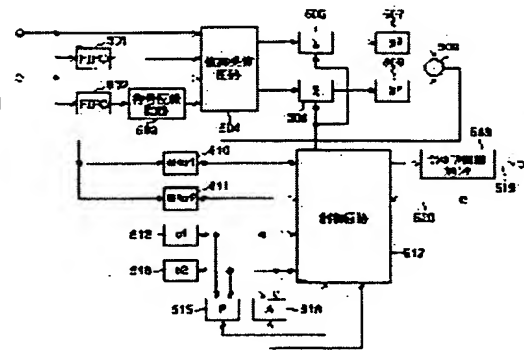
(72)Inventor : MOMOSHIRO TOSHIHISA
MIYATO YOSHIKAZU

(54) RECEIVER AND RECEIVING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To receive an OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) signal even when a guard period of an OFDM signal that is sent by a sending end is unknown.

SOLUTION: I channel data and Q channel data which are converted into a base band are delayed by only one effective symbol interval by FIFOs 501 and 502, and moving average is calculated by moving average value arithmetic circuits 505 and 506 in accordance with a time that corresponds to a guard period is supposed by a control circuit 517 after a complex multiplication circuit 504 performs complex multiplication or them. A moving average value that is acquired is squared by square arithmetic circuits 507 and 508 and added by an adder circuit 509, and a correlation value is calculated. The circuit 517 decides whether the interval of a maximum value of a correlation value that is outputted from the circuit 509 matches a supposed interval or not by using memory 510, 511, 515 and 516 and counters 512 and 513, and when it decides that it does not match, it changes a supposed guard period, also changes a time that becomes an object of operations of the circuits 505 and 506 and decides whether the maximum value of a correlation value matches a supposed interval or not.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the receiving set and the receiving method based on an OFDM method about a receiving set and the receiving method.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a method of transmitting a digital signal, the modulation technique called orthogonal frequency division multiplex method (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) is proposed in recent years. This OFDM method is a method which prepares the subcarrier a subcarrier and a large number cross at right angles in a transmission band, assigns data to the amplitude and phase of each subcarrier, and carries out digital modulation by PSK (Phase Shift Keying) or QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Thus, although the band per subcarrier 1 wave becomes narrow and a modulation rate becomes slow in order to divide a transmission band by many subcarriers, since a large number [the number of subcarriers], a synthetic transmission speed does not change with the conventional modulation technique.

[0003] By this OFDM method, since many subcarriers are transmitted in parallel and symbol speed becomes slow, in the transmission line in which the so-called multi-pass disturbance exists, the time length of a relative multi-pass to the time length of a symbol can be shortened, and it can expect that it is a powerful method to multi-pass disturbance.

[0004] The OFDM method attracts [as opposed to / transmission of the digital signal by the ground wave strongly influenced of multi-pass disturbance / especially] attention from the above features.

[0005] moreover, it is also one of the reasons the OFDM method has attracted attention that it could become possible to realize a discrete Fourier transform (for it to be described as Following FFT (Fast Fourier Transform)) and a dispersed inverse Fourier transform (for it to be described as Following IFFT (Invert Fast Fourier Transform)) by hardware by progress which is the latest semiconductor technology, and the modulation based on an OFDM method could be easily performed using these, and it can get over now conversely

[0006] Drawing 4 is the block diagram showing the example of composition of an OFDM receiver. A receiving antenna 101 catches RF signal. The multiplication circuit 102 carries out the multiplication of RF signal and the signal which has the predetermined frequency outputted from a tuner 103. A band pass filter 104 extracts a desired IF signal from the output of the multiplication circuit 102. The A/D-conversion circuit 105 changes into a digital signal the IF signal extracted by the band pass filter 104.

[0007] A demultiplexer 106 carries out separation extraction of I channel signal and the Q channel signal from the digitized IF signal. A low pass filter 107, 108 removes the unnecessary high-frequency component included in I channel signal and Q channel signal, respectively, and changes it into the signal of a base band (baseband).

[0008] After the complex multiplication circuit 109 excepts the carrier frequency error which a base-band signal has with the signal of the predetermined frequency supplied from the numerical control oscillator circuit 110, it is supplied to the fast-Fourier-transform circuit 112. The fast-Fourier-transform circuit 112 carries out frequency decomposition of the OFDM time signal, and generates I and Q channel received data.

[0009] The correlation value arithmetic unit 113 calculates the correlation value of two signals, and makes the fast-Fourier-transform circuit 112 start an operation in the timing from which a correlation value becomes the maximum by calculating the moving average of guard period width of face by carrying out the multiplication of the OFDM time signal changed into the base band, and the OFDM signal which delayed only effective symbol time.

[0010] The carrier frequency error arithmetic circuit 114 computes the error of carrier frequency using frequency power, and outputs it to an adder circuit 111. An adder circuit 111 adds the output of the carrier frequency error arithmetic circuit 114 and the correlation value arithmetic circuit 113, and supplies it to the numerical control oscillator circuit 110.

[0011] The clock frequency regenerative circuit 115 generates a control signal with reference to I channel data and Q channel data, and controls the oscillation frequency of the clock oscillator circuit 116. The clock oscillator circuit 116 generates and outputs a clock signal according to the control signal supplied from the clock frequency regenerative circuit 115.

[0012] Next, operation of the above conventional example is explained.

[0013] The multiplication of the RF signal caught by the receiving antenna 101 is carried out to the signal of the predetermined frequency supplied from the tuner 103 by the multiplication circuit 102. The signal outputted from the multiplication circuit 102 will be supplied to a band pass filter 104, and an IF signal will be extracted there.

[0014] The A/D-conversion circuit 105 changes into a digital signal the IF signal outputted from the band pass filter 104, and supplies it to a demultiplexer 106. A demultiplexer 106 carries out separation extraction of I channel signal and the Q channel signal from the digitized signal, and supplies them to a low pass filter 107,108, respectively. A low pass filter 107,108 removes the clench component which is an unnecessary high-frequency component included in I channel signal and Q channel signal, respectively, and changes it into the signal of a base band.

[0015] With the signal of the predetermined frequency supplied from the numerical control oscillator circuit 110, the complex multiplication circuit 109 removes the frequency error of a subcarrier which a base-band signal has, and supplies it to the fast-Fourier-transform circuit 112. The fast-Fourier-transform circuit 112 carries out frequency decomposition of the OFDM time signal, and generates I and Q channel received data.

[0016] The correlation value arithmetic unit 113 calculates the correlation value of two signals (it mentions later for details), and makes the fast-Fourier-transform circuit 112 start an operation in the timing from which a correlation value becomes the maximum by calculating the moving average of guard period width of face by carrying out the multiplication of the OFDM time signal changed into the base band, and the OFDM signal which delayed only effective symbol time. Consequently, the fast-Fourier-transform circuit 112 can extract correctly the data contained in I channel signal sent from the transmitting side, and Q channel signal.

[0017] Drawing 5 is the block diagram showing the detailed example of composition of the correlation value arithmetic circuit 113 shown in drawing 4. In this drawing, the effective symbol delay circuit 301,302 delays for it and outputs only an effective symbol period for the I channel data outputted from the complex multiplication circuit 109, and Q channel data, respectively. The multiplication circuit 303,304 carries out the multiplication of the I channel data and Q channel data by which only effective symbol time was delayed by the effective symbol delay circuit 301,302, and the I channel data and Q channel data of a basis which have not been delayed, respectively.

[0018] The guard period width-of-face moving-average circuit 305,306 computes the moving average of a guard period (for details, it mentions later). The power arithmetic circuit 307 computes each power of the output signal of the guard period width-of-face moving-average circuit 305,306, and outputs the value which added the computed electric energy and was acquired.

[0019] The maximum detector 308 calculates the maximum (maximum of the correlation value within OFDM symbol time) of the signal outputted from the power arithmetic circuit 307, and controls the timing to which the fast-Fourier-transform circuit 112 starts an operation according to the result.

[0020] Next, operation of the correlation value arithmetic circuit 113 is explained, referring to drawing 6.

[0021] In order to restore to an OFDM signal correctly in a receiving side, various synchronizations,

such as subcarrier reproduction, are needed. In order to perform FFT processing per symbol especially in an OFDM method, after aiming at a synchronization to the period and accuracy of a symbol, by the receiving side, you have to perform FFT processing. Below, the symbol period reproduction method proposed from the former is described in detail.

[0022] Generally, as shown in drawing 6, the symbol is constituted from an OFDM method by the guard period and the effective symbol period. The guard period is constituted by being copied in round behind [a part of] an effective symbol. Then, in a receiving side, the correlation value of two signals is computed by calculating the moving average of guard period width of face by first carrying out the multiplication of the OFDM time signal changed into the base band by the correlation value arithmetic circuit 113, and the OFDM signal which delayed only effective symbol time. Here, if an OFDM signal calculates the correlation value of the two above-mentioned signals since the same signal component as a guard period is contained in a part of effective symbol period as mentioned above, on the boundary of a symbol, a correlation value will serve as the maximum. Therefore, it can restore to exact data by pinpointing the boundary of a symbol and performing FFT processing on the basis of the boundary of the specified symbol by detecting the maximum of the computed correlation value.

[0023] That is, in the circuit of drawing 5, the I channel data and Q channel data which were inputted into the correlation value arithmetic circuit 113 are supplied to the effective symbol delay circuit 301,302, respectively. The effective symbol delay circuit 301,302 is delayed by the effective symbol period shown in drawing 6 (A), and outputs the inputted I channel data and Q channel data. Consequently, a signal as shown in drawing 6 (B) will be outputted from the effective symbol delay circuit 301,302. In addition, this drawing shows only I channel signal, in order to simplify explanation.

[0024] The multiplication circuit 303,304 carries out the multiplication of I channel signal and Q channel signal which were delayed by the effective symbol delay circuit 301,302, and original I channel signal and original Q channel signal which have not been delayed, and outputs them.

[0025] The guard period width-of-face moving-average circuit 305,306 computes the moving average of I channel signal and Q channel signal for the section corresponding to a guard period. As a result, for example, a correlation value as shown in drawing 6 (C), it will be outputted.

[0026] The power arithmetic circuit 307 adds the obtained electric energy, and outputs it to the maximum detector 308 while it computes each power of the signal which shows the correlation value of I channels and Q channels outputted from the guard period width-of-face moving-average circuit 305,306.

[0027] The maximum detector 308 detects the maximum of the signal which shows electric energy outputted from the power arithmetic circuit 307. As shown in drawing 6 (C), since each correlation value serves as the maximum in the boundary portion of each symbol, when the maximum detector 308 controls the fast-Fourier-transform circuit 112 and performs an FFT operation in the timing which detected maximum, it becomes possible [performing an operation synchronizing with the period and accuracy of a symbol].

[0028]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, although the specification of the ground wave digital transmission method using the OFDM method called DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) in Europe now is examined, it is prescribed by this specification as a guard period that four kinds, $1/4$ hours of an effective symbol period, $8/1$ hours, $16/1$ hours, and $32/1$ hours, are usable.

[0029] In a receiving side, in order to detect using which guard period transmission is made when it uses in a transmitting side and a ***** guard period is not known (for example, when it changes the power supply of a receiving set into the state of ON etc.), it is necessary to decode and acquire the information which shows a guard period.

[0030] However, since it is necessary to receive a signal in order to decode the information which shows such a guard period, conflict that a guard period must be known arises. Therefore, unless the guard period used now was found, the technical problem that information was unreceivable occurred.

[0031] this invention is offering the symbol period detector of the OFDM receiver which can

reproduce an OFDM symbol period using the guard period information included in an OFDM signal, after were made in view of the above situations, presuming a guard period, without decoding the OFDM signal mentioned above, reproducing an OFDM symbol signal and decoding an OFDM signal further.

[0032]

[Means for Solving the Problem] A conversion means by which a receiving set according to claim 1 changes an OFDM signal into a base-band signal, A delay means by which only an effective symbol period is delayed in the base-band signal acquired by the conversion means, A calculation means to continue and compute in the predetermined period corresponding to the guard period which has the correlation value of the base-band signal acquired by the conversion means, and the signal of the base band delayed by the delay means assumed, A detection means to detect the maximum of the correlation value computed by the calculation means, and a calculation means to calculate the period of the maximum detected by the detection means, A judgment means to judge whether the period of the maximum calculated by the calculation means and the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed are in agreement, When a judgment means judges with the period of maximum and an assumption OFDM symbol period not being in agreement, it is characterized by having a change means to change the guard period assumed suitably.

[0033] The conversion step from which the receiving method according to claim 6 changes an OFDM signal into a base-band signal, The delay step for which only an effective symbol period is delayed in the base-band signal acquired by the conversion step, The calculation step continued and computed in the predetermined period corresponding to the guard period which has the correlation value of the base-band signal acquired by the conversion step, and the signal of the base band delayed by the delay step assumed, The detection step which detects the maximum of the correlation value computed by the calculation step, The calculation step which calculates the period of the maximum detected by the detection step, The judgment step which judges whether the period of the maximum calculated by the calculation step and the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed are in agreement, When it judges with the judgment step of an assumption OFDM symbol period [the period of maximum and] not corresponding, it is characterized by having the change step which changes the guard period assumed suitably.

[0034] The base-band signal from which the delay means was delayed and only the effective symbol period was obtained by the conversion means in the receiving set according to claim 1 in the base-band signal which the conversion means changed the OFDM signal into the base-band signal, and was acquired by the conversion means, Continue in the predetermined period corresponding to the guard period which has a correlation value with the signal of the base band delayed by the delay means assumed, and a calculation means computes. The period of the maximum which the calculation means calculated the period of the maximum which the detection means detected the maximum of the correlation value computed by the calculation means, and was detected by the detection means, and was calculated by the calculation means, A judgment means judges whether the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed is in agreement. When a judgment means judges with the period of maximum and an assumption OFDM symbol period not being in agreement, the guard period when a change means is assumed is changed suitably. For example, the base-band signal which the conversion means changed the received OFDM signal into the base-band signal, and the memory only whose effective symbol period is a delay means was delayed in the base-band signal acquired by the conversion means, and was acquired by the conversion means, Continue in the predetermined period corresponding to the guard period which has a correlation value with the signal of the base band delayed by the delay means assumed, and a calculation means computes. The period of the maximum which the calculation means calculated the period of the maximum which the detection means detected the maximum of the correlation value computed by the calculation means, and was detected by the detection means, and was calculated by the calculation means, A judgment means judges whether the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed is in agreement. When a judgment means judges with the period of

maximum and an assumption OFDM symbol period not being in agreement, the guard period when a change means is assumed is changed suitably, and it controls so that these are in agreement.

[0035] In the receiving method according to claim 6, a conversion step changes an OFDM signal into a base-band signal. The base-band signal from which the delay step was delayed and only the effective symbol period was obtained by the conversion step in the base-band signal acquired by the conversion step, Continue in the predetermined period corresponding to the guard period which has a correlation value with the signal of the base band delayed by the delay step assumed, and a calculation step computes. The period of the maximum which the calculation step calculated the period of the maximum which the detection step detected the maximum of the correlation value computed by the calculation step, and was detected by the detection step, and was calculated by the calculation step, A judgment step judges whether the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed is in agreement. A predetermined period is changed when it judges with the judgment step of an assumption OFDM symbol period [the period of maximum and] not corresponding. For example, a conversion step changes the received OFDM signal into a base-band signal. The base-band signal from which the memory which is a delay step was delayed and only the effective symbol period was obtained by the conversion step in the base-band signal acquired by the conversion step, Continue in the predetermined period corresponding to the guard period which has a correlation value with the signal of the base band delayed by the delay step assumed, and a calculation step computes. The period of the maximum which the calculation step calculated the period of the maximum which the detection step detected the maximum of the correlation value computed by the calculation step, and was detected by the detection step, and was calculated by the calculation step, A judgment step judges whether the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed is in agreement. When it judges with the judgment step of an assumption OFDM symbol period [the period of maximum and] not corresponding, the guard period when a change step is assumed is changed suitably, and it controls so that these are in agreement.

[0036]

[Embodiments of the Invention] Drawing 1 is the block diagram showing the example of composition of the gestalt of operation of this invention. In addition, this circuit is constituted as a correlation value arithmetic circuit 113 of the OFDM receiver shown in drawing 4 . In this drawing, the first in first out memory (it is hereafter written as FIFO) 501,502 (delay means) is made as [output / delay for them and /, respectively / only 1 effective symbol period / the I channel data and Q channel data of an OFDM signal which were changed into the base band by the demultiplexer 106 (conversion means)]. The sign inverter circuit 503 is made as [output / reverse and / the sign of the signal outputted from FIFO502].

[0037] If the complex multiplication circuit 504 expresses the I channel data and Q channel data which have not been delayed as I and Q and expresses the I channel data and Q channel data which were delayed as I-1 and Q-1, respectively The complex operation shown below is performed for every clock (synchronizing with the clock signal outputted from the clock oscillator circuit 116 shown in drawing 4), the result of an operation is divided into a real number component and an imaginary number component, and it is made as [output / to the moving average deviation circuit 505,506 (calculation means)], respectively. In addition, j expresses an imaginary number here.

[0038]

$(I+jQ) (I-1-jQ-1) \dots (1)$

[0039] The moving average deviation arithmetic circuit 505,506 is made as [output / compute and / corresponding to the data (it mentions later for details) in which the guard period assumed now it supplied at from a control circuit 517 (a judgment means, a change means, the 2nd detection means, the 2nd calculation means, extraction means) is shown / each moving average of I-axis data and Q-axis data / for every clock]. For example, when the data of the guard period width of face assumed now supplied from the control circuit 517 are Tgr, the moving average deviation arithmetic circuit 505,506 continues during the Tgr, and computes and outputs the moving average of I-axis data and Q-axis data.

[0040] The square arithmetic circuit 507,508 (calculation means) is made as [output / carry out the square of the moving average deviation outputted for every clock, respectively, and / it / from the

moving average deviation arithmetic circuit 505,506,]. An adder circuit 509 (calculation means) adds and outputs the output of the square arithmetic circuit 507,508.

[0041] Memory 510,511 (detection means) is controlled by the control circuit 517, and is made as [store / the maximum in the predetermined period of the moving average deviation outputted from an adder circuit 509]. A counter 512,513 (calculation means) is reset by the control circuit 517, and after reset is made as [count / synchronizing with the clock signal outputted from the clock generation circuit 116].

[0042] Memory 515,516 is made as [store / temporarily / the counted value of a counter 512 or a counter 513] according to control of a control circuit 517.

[0043] The control circuit 517 is made as [control / the writing to memory, the timing of read-out, etc.]. The symbol period counter 518 is operating with the period ($T_u + T_{gr}$) adding the effective symbol period (it expresses T_u hereafter) and the guard period (it expresses T_{gr} hereafter) assumed now, and when the counted value is set to "0", it outputs the symbol periodic signal 519. Moreover, decoding of an OFDM signal is attained, and if the guard period information 520 included in it begins to be inputted, the symbol period counter 518 will operate with the period of the information henceforth.

[0044] Next, operation of the gestalt of the above operation is explained with reference to drawing 2.

[0045] Drawing 2 is a flow chart explaining the processing performed in the gestalt of operation shown in drawing 1. If this processing is performed, in Step S1, a control circuit 517 will reset a counter 512,513 and memory 510,511,515,516. Moreover, the 1st assumption value (minimum) T_{g1} is set up as a guard period (T_{gr}) assumed now.

[0046] In addition, below, the longest guard period assumed is described to be T_{gmax} , and the values of a counter 512,513 are described to be C1 and C2, respectively. Moreover, the case where the value of C1 and C2 is in the following ranges is expressed as Range A.

[0047]

$T_u + T_{gr} - \text{offset} < C1, C2 < T_u + T_{gr} + \text{offset} \dots (2)$

[0048] Furthermore, the case where the value of C1 and C2 is in the following ranges is expressed as Range B.

[0049]

$T_u < C1, C2 < T_u + 2, T_{gr} \dots (3)$

[0050] In addition, offset is a predetermined value with which are satisfied of $T_{gr} > \text{offset}$, for example, is set to $\text{offset} = 20$.

[0051] After processing of Step S1 is completed, it progresses to Step S2, and a control circuit 517 detects the maximum in the section of $T_u + T_{gmax}$, and makes this the boundary value of a temporary symbol. That is, a control circuit 517 performs the following processings as processing of a control state 0.

[0052] A control circuit 517 compares the correlation value outputted from an adder circuit 509 synchronizing with the clock signal outputted from the clock oscillator circuit 116 with the value memorized by memory 510, while a counter 512 counts from 0 to $(T_u + T_{gmax})$. Consequently, a counter 513 is reset, while updating the value of memory 510 with a correlation value, when it judges with the case of being smaller than the correlation value to which the direction of the value stored in memory 510 is outputted from an adder circuit 509. The above operation is repeatedly performed until the counted value of a counter 512 becomes $(T_u + T_{gmax})$, and when the value of C1 becomes $(T_u + T_{gmax})$, it progresses to Step S3.

[0053] Supposing the OFDM symbol of the n-th and eye ** (n+1) watch as shown in drawing 3 (A) was now inputted into the circuit shown in drawing 1, after initial setting will be performed in Step S1, it will progress to Step S2 and the boundary of a temporary symbol will be detected. That is, I or Q data by which only 1 effective symbol period was delayed by FIFO501,502 comes to be shown in drawing 3 (B). And in a portion with the highest correlation, i.e., a transmitting guard period portion, if it continues in Period T_{gr} and the moving average deviation arithmetic circuit 505,506, the square arithmetic circuit 507,508, and an adder circuit 509 calculate a correlation value between the delayed signal and the original signal, in these two signals, a correlation value will serve as the maximum. Therefore, the symbol boundary of the n-th and eye ** (n+1) watch is detectable by continuing

during $(T_u + T_{gmax})$ and detecting the portion from which a correlation value turns into maximum.

[0054] At continuing Step S3, a control circuit 517 performs the following operation as a control state 1. That is, while a counter 513 counts from 0 to $(T_u + 2 \text{ and } T_{gmax})$, a control circuit 517 makes memory 516 memorize the counted value C2 in the time of observing the correlation value outputted from an adder circuit 509 synchronizing with a clock signal, detecting the maximum of the correlation value in Range A using memory 510, and maximum being detected, and resets a counter 512 simultaneously. Furthermore, memory 515 is made to memorize the value of C2 at the time of detecting the maximum of the correlation value in Range B using memory 511, and detecting maximum. And when the value of C2 becomes $(T_u + T_{gmax})$, the content of storage of memory 515 and memory 516 is compared, when in agreement, it progresses to Step S5, and when not in agreement, it progresses to step S4, and ΔT is added to T_{gr} assumed now, it returns to Step S2, and the same processing as the above-mentioned case is repeated.

[0055] Now, when the guard period (it expresses T_{gs} hereafter) in a transmitting side is larger than the guard period T_{gr} which the receiving side assumes now (in the case of $T_{gs} > T_{gr}$), the relation between Range A and Range B comes to be shown in drawing 3 (C). In this case, at Step S3, since a part for the flat part of maximum is not contained in Range A and counted value when the maximum of counted value and Range B when the maximum of Range A is detected (when it corresponds to the tail of Range A) is detected differs, after being judged with NO and increasing the value of T_{gr} , it will return to Step S2 again. Moreover, since the maximum in Range A and Range B will be in agreement when T_{gs} and T_{gr} are equal as shown in drawing 3 (D) (when it is $T_{gs} = T_{gr}$), at Step S3, it will be judged with YES and will progress to Step S5. Furthermore, as shown in drawing 3 (E), since the maximum in Range A and Range B will not be in agreement, in $T_{gs} < T_{gr}$, at Step S3, it will be judged with NO. However, in such a case, since it does not generate in actual processing, it is not necessary to mind especially on circuitry (when it becomes $T_{gs} = T_{gr}$, in order to progress to the following step).

[0056] At Step S5, a control circuit 517 performs the following operation as a control state 2. That is, while a counter 512 counts from 0 to $(T_u + 2 \text{ and } T_{gr})$, a control circuit 517 compares with the value of memory 510 the correlation value outputted from an adder circuit 509 synchronizing with a clock signal, and detects the maximum of the correlation value in Range A. And memory 516 is made to memorize the value of C1 in the time of detecting maximum, and a counter 513 is reset simultaneously. Furthermore, memory 515 is made to memorize C1 in the time of detecting the maximum of the correlation value in Range B using memory 511, and detecting maximum. When C1 is set to $(T_u + 2 \text{ and } T_{gr})$, the content of storage of memory 515 and memory 516 is compared, when in agreement, it shifts to Step S6, and when not in agreement, it progresses to step S4, and the value of ΔT is added to T_{gr} assumed now, it returns to Step S2, and the same processing as the above-mentioned case is repeated.

[0057] Since the phase of the maximum in Range A and Range B becomes equal now as shown in drawing 3 (D) when the guard period T_{gr} which the receiving side assumes is in a state equal to T_{gs} , in Step S5, it will be judged with YES, and will progress to Step S6.

[0058] At Step S6, a control circuit 517 performs the following operation as a control state 3. That is, a control circuit 517 makes memory 516 memorize C2 in the time of observing the correlation value outputted from an adder circuit 509 synchronizing with a clock signal, detecting the maximum of the correlation value in Range A using memory 510, and detecting maximum, while a counter 513 counts from 0 to $(T_u + 2 \text{ and } T_{gr})$. And when C2 is set to $(T_u + 2 \text{ and } T_{gr})$, T_{gr} is substituted for a counter 513 as initial value, the number symbol section is covered in the above operation, and repeatedly, when the average of C2 at the time of detecting maximum is calculated and the counted value of a counter 513 becomes equal to this average, a counter 512 and the symbol period counter 518 are reset, and it shifts to Step S7.

[0059] Supposing it was in the state shown in drawing 3 (D), when the average from which the average of the counted value C2 of the counter 513 in the time of maximum being detected in Range A continued during the number symbol, was calculated, and was acquired, and the value of a counter 513 are in agreement now, it will progress to Step S7.

[0060] At Step S7, a control circuit 517 performs the following operation as a control state 4. That is, the symbol period counter 518 is operating periodically $(T_u + T_{gr})$, and when the counted value of the

symbol period counter 518 is set to 0, it outputs the symbol periodic signal 519. Moreover, if the guard period information 520 which decoding of an OFDM signal is attained and is included in it begins to be inputted into a control circuit 517, the symbol period counter 518 will operate with the period of the inputted information henceforth. That is, it will shift to operating state (normal operating state) in case the guard period is decided.

[0061] By the above operation, a control circuit 517 performs comparison with the period of the maximum of the detected correlation value, and an assumption OFDM symbol period ($T_u + T_{gr}$), presumes the exact guard period T_{gr} , and reproduces an OFDM symbol signal.

[0062] When the guard period in a transmitting side is not known in a receiving side according to the gestalt of the above operation, a guard period is presumed, and an OFDM signal can be reproduced by the presumed guard period, and once, if reproduction of an OFDM signal is started, the information which shows the guard period contained in the OFDM signal can be extracted, and it can reproduce correctly based on the acquired information.

[0063]

[Effect of the Invention] In a receiving set according to claim 1 and the receiving method according to claim 6 An OFDM signal is changed into a base-band signal, and only an effective symbol period is delayed in the acquired base-band signal. A base-band signal, The period of the maximum which computed the correlation value with the signal of the delayed base band by having continued in the predetermined period corresponding to the guard period assumed, detected the maximum of the computed correlation value, calculated the period of the detected maximum, and was calculated, Whether the assumption OFDM symbol period obtained by adding an effective symbol period and the guard period assumed is in agreement probably It can reproduce without a receiving side knowing the OFDM symbol period transmitted beforehand, since the guard period assumed was suitably changed when it judged with the period of maximum and an assumption OFDM symbol period not being in agreement.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-308716

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 11/00

Z

H 0 4 L 27/22

H 0 4 L 27/22

F

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-114711

(22) 出願日 平成9年(1997)5月2日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 百代 俊久

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 宮戸 良和

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

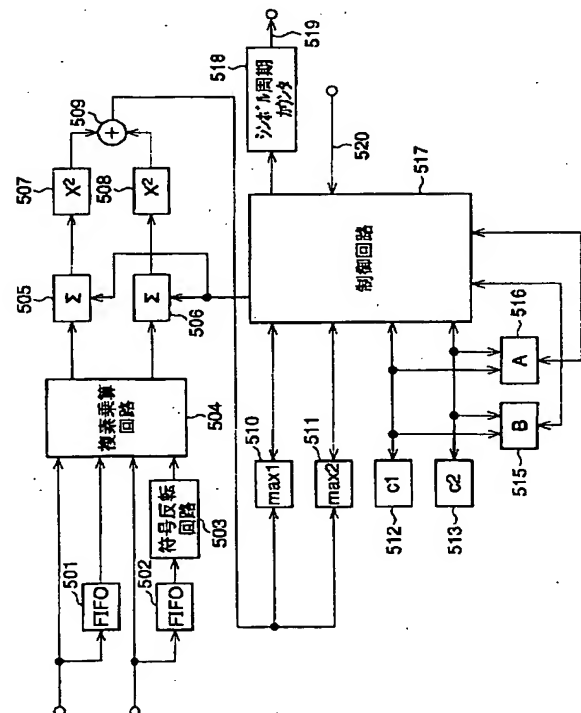
(74) 代理人 弁理士 稲本 義雄

(54) 【発明の名称】 受信装置および受信方法

(57) 【要約】

【課題】 送信側が送信するOFDM信号のガード期間が未知の場合においても受信を可能とする。

【解決手段】 基底帯域に変換されたIチャンネルデータとQチャンネルデータはそれぞれFIFO501、502により1有効シンボル期間だけ遅延され、複素乗算回路504により複素乗算が行われた後、移動平均値演算回路505、506により、制御回路517が想定するガード期間に対応する時間に依じて移動平均が算出される。得られた移動平均値は、2乗演算回路507、508により2乗されて加算回路509により加算され、相関値が算出される。制御回路517は、メモリ510、511、515、516およびカウンタ512、513を用いて、加算回路509から出力される相関値の最大値の周期と、想定される周期とが一致するか否かを判定し、一致しないと判定した場合には想定するガード期間を変更するとともに、移動平均演算回路505、506の演算の対象となる時間を変更して相関値の最大値と想定される周期とが一致するか否かを判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 OFDM信号を受信する受信装置において、

前記OFDM信号を基底帯域信号に変換する変換手段と、

前記変換手段により得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延する遅延手段と、

前記変換手段により得られた基底帯域信号と、前記遅延手段により遅延された基底帯域の信号との相関値を、想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された相関値の最大値を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出された最大値の周期を算定する算定手段と、

前記算定手段により算定された前記最大値の周期と、前記有効シンボル期間および前記想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段が、前記最大値の周期と前記想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、前記想定されるガード期間を適宜変更する変更手段とを備えることを特徴とする受信装置。

【請求項2】 前記検出手段は、前記OFDM信号の受信が開始された直後には、想定される最大のガード期間と前記有効シンボル期間とを加算した期間を対象として最大値を検出することを特徴とする請求項1に記載の受信装置。

【請求項3】 前記検出手段は所定の期間を対象として最大値の検出を行い、

前記所定の期間よりも長い期間を対象として最大値の検出を行う第2の検出手段を更に備え、

前記判定手段は、前記検出手段と前記第2の検出手段において最大値が検出されるタイミングが等しい場合には、前記最大値の周期と前記想定OFDMシンボル周期とが一致していると判定することを特徴とする請求項1に記載の受信装置。

【請求項4】 前記算定回路により算定された前記最大値の周期の平均値を算出する第2の算出手段を更に備え、

前記第2の算出手段により算出された平均値に基づいて、前記OFDM信号を受信することを特徴とする請求項1に記載の受信装置。

【請求項5】 前記OFDM信号に含まれているガード期間情報を抽出する抽出手段を更に備え、

前記OFDM信号の再生が開始された後は、前記抽出手段により抽出されたガード期間情報に基づいて受信を行うことを特徴とする請求項1に記載の受信装置。

【請求項6】 OFDM信号を受信する受信方法において、

前記OFDM信号を基底帯域信号に変換する変換ステップと、

前記変換ステップにより得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延する遅延ステップと、

前記変換ステップにより得られた基底帯域信号と、前記遅延ステップにより遅延された基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出する算出ステップと、

前記算出ステップにより算出された相関値の最大値を検出する検出ステップと、

前記検出ステップにより検出された最大値の周期を算定する算定ステップと、

前記算定ステップにより算定された前記最大値の周期と、前記有効シンボル期間および前記想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定する判定ステップと、前記判定ステップが、前記最大値の周期と前記想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、前記想定されるガード期間を適宜変更する変更ステップとを備えることを特徴とする受信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、受信装置および受信方法に関し、特に、OFDM方式に基づく受信装置および受信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年デジタル信号を伝送する方法として、直交周波数分割多重方式（OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiplexing）と呼ばれる変調方式が提案されている。このOFDM方式は伝送帯域内に多数の直交する副搬送波を設け、それぞれの副搬送波の振幅及び位相にデータを割り当て、PSK（Phase Shift Keying）やQAM（Quadrature Amplitude Modulation）によりディジタル変調する方式である。この様に多数の副搬送波で伝送帯域を分割するため、副搬送波1波あたりの帯域は狭くなり変調速度は遅くなるが、搬送波の数が多数あるので総合の伝送速度は従来の変調方式と変わらない。

【0003】このOFDM方式では多数の副搬送波が並列に伝送されるためにシンボル速度が遅くなるので、いわゆるマルチパス妨害の存在する伝送路ではシンボルの時間長に対する相対的なマルチパスの時間長を短くすることができ、マルチパス妨害に対して強い方式であることが期待できる。

【0004】以上の様な特徴からOFDM方式は、マルチパス妨害の影響を強く受ける地上波によるディジタル信号の伝送に対して特に注目されている。

【0005】また最近の半導体技術の進歩により離散的フーリエ変換（以下FFT（Fast Fourier Transform）と記述する）や離散的フーリエ逆変換（以下IFFT

(Invert Fast Fourier Transform) と記述する) をハードウェアで実現することが可能となり、これらを用いて簡単にOFDM方式に基づく変調を行ったり、また逆に復調する事ができる様になった事もOFDM方式が注目されてきた理由の一つである。

【0006】図4はOFDM受信機の構成例を示すブロック図である。受信アンテナ101は、RF信号を捕捉する。乗算回路102は、RF信号とチューナ103から出力される所定の周波数の信号とを乗算する。バンドパスフィルタ104は、乗算回路102の出力から所望のIF信号を抽出する。A/D変換回路105は、バンドパスフィルタ104により抽出されたIF信号をデジタル信号に変換する。

【0007】デマルチプレクサ106は、デジタル化されたIF信号からIチャンネル信号とQチャンネル信号とを分離抽出する。ローパスフィルタ107、108は、それぞれ、Iチャンネル信号とQチャンネル信号に含まれている不要な高域成分を除去して基底帯域(ベースバンド)の信号に変換する。

【0008】複素乗算回路109は、数値コントロール発振回路110より供給される所定の周波数の信号により、基底帯域信号の持つ搬送波周波数誤差を除外した後、高速フーリエ変換回路112に供給する。高速フーリエ変換回路112はOFDM時間信号を周波数分解し、IおよびQチャンネル受信データを生成する。

【0009】相関値演算装置113は、基底帯域に変換されたOFDM時間信号と有効シンボル時間だけ遅延させたOFDM信号とを乗算してガード期間幅の移動平均を計算することにより、2つの信号の相関値を求め、相関値が最大になるタイミングにおいて高速フーリエ変換回路112に演算を開始させる。

【0010】搬送波周波数誤差演算回路114は、周波数パワーを用いて搬送波周波数の誤差を算出し、加算回路111に出力する。加算回路111は、搬送波周波数誤差演算回路114と相関値演算回路113の出力を加算して数値コントロール発振回路110に供給する。

【0011】クロック周波数再生回路115は、IチャンネルデータとQチャンネルデータを参照して制御信号を生成し、クロック発振回路116の発振周波数を制御する。クロック発振回路116は、クロック周波数再生回路115から供給される制御信号に応じてクロック信号を生成し、出力する。

【0012】次に、以上の従来例の動作について説明する。

【0013】受信アンテナ101により捕捉されたRF信号は、乗算回路102により、チューナ103より供給された所定の周波数の信号と乗算される。乗算回路102より出力された信号は、バンドパスフィルタ104に供給され、そこで、IF信号が抽出されることになる。

【0014】A/D変換回路105は、バンドパスフィルタ104から出力されたIF信号をデジタル信号に変換し、デマルチプレクサ106に供給する。デマルチプレクサ106は、デジタル化された信号からIチャンネル信号とQチャンネル信号とを分離抽出してローパスフィルタ107、108にそれぞれ供給する。ローパスフィルタ107、108は、それぞれ、Iチャンネル信号とQチャンネル信号に含まれている不要な高域成分である折り返し成分を除去して基底帯域の信号に変換する。

【0015】複素乗算回路109は、数値コントロール発振回路110より供給される所定の周波数の信号により、基底帯域信号の持つ搬送波の周波数誤差を除去して高速フーリエ変換回路112に供給する。高速フーリエ変換回路112はOFDM時間信号を周波数分解し、IおよびQチャンネル受信データを生成する。

【0016】相関値演算装置113は、基底帯域に変換されたOFDM時間信号と有効シンボル時間だけ遅延させたOFDM信号を乗算してガード期間幅の移動平均を計算することにより2つの信号の相関値を求め(詳細は後述する)、相関値が最大になるタイミングにおいて高速フーリエ変換回路112に演算を開始させる。その結果、高速フーリエ変換回路112は、送信側から送られてきたIチャンネル信号とQチャンネル信号に含まれているデータを正確に抽出することができる。

【0017】図5は、図4に示す相関値演算回路113の詳細な構成例を示すブロック図である。この図において、有効シンボル時間遅延回路301、302は、複素乗算回路109から出力されたIチャンネルデータと、Qチャンネルデータをそれぞれ有効シンボル期間だけ遅延して出力する。乗算回路303、304は、有効シンボル遅延回路301、302により有効シンボル時間だけ遅延されたIチャンネルデータおよびQチャンネルデータと、遅延されていないものとのIチャンネルデータおよびQチャンネルデータとをそれぞれ乗算する。

【0018】ガード期間幅移動平均回路305、306は、ガード期間(詳細は、後述する)の移動平均を算出する。電力演算回路307は、ガード期間幅移動平均回路305、306の出力信号のそれぞれの電力を算出し、算出した電力量を加算して得られた値を出力する。

【0019】最大値検出回路308は、電力演算回路307から出力される信号の最大値(OFDMシンボル時間内における相関値の最大値)を求めて、その結果に応じて高速フーリエ変換回路112が演算を開始するタイミングを制御する。

【0020】次に、図6を参照しながら、相関値演算回路113の動作について説明する。

【0021】受信側においてOFDM信号を正しく復調する為には搬送波再生等の各種同期が必要となる。特にOFDM方式においてはシンボル単位でFFT処理を施

すため、特に受信側では、シンボルの周期と正確に同期を図った上で、FFT処理を行わなければならない。以下では、従来から提案されているシンボル周期再生方法について詳しく述べる。

【0022】一般的にOFDM方式では、図6に示すように、そのシンボルは、ガード期間と有効シンボル期間とにより構成されている。ガード期間は、有効シンボルの後ろの一部が巡回的に複写されることにより構成されている。そこで、受信側では、先ず、相関値演算回路113により基底帯域に変換されたOFDM時間信号と有効シンボル時間だけ遅延させたOFDM信号とを乗算してガード期間幅の移動平均を計算することにより、2つの信号の相関値を算出する。ここで、前述したようにOFDM信号は有効シンボル期間の一部にガード期間と同一の信号成分が含まれているので、前述の2つの信号の相関値を求めると、シンボルの境界において相関値が最大となる。従って、算出された相関値の最大値を検出する事でシンボルの境界を特定し、特定されたシンボルの境界を基準としてFFT処理を行うことにより、正確なデータを復調することができる。

【0023】即ち、図5の回路においては、相関値演算回路113に入力されたIチャンネルデータとQチャンネルデータは、それぞれ、有効シンボル時間遅延回路301、302に供給される。有効シンボル時間遅延回路301、302は、入力されたIチャンネルデータとQチャンネルデータを、図6(A)に示す有効シンボル期間分だけ遅延して出力する。その結果、図6(B)に示すような信号が、有効シンボル時間遅延回路301、302から出力されることになる。なお、この図では、説明を簡略化するために、Iチャンネル信号だけを示している。

【0024】乗算回路303、304は、有効シンボル時間遅延回路301、302により遅延されたIチャンネル信号およびQチャンネル信号と、遅延されていない元のIチャンネル信号とQチャンネル信号とを乗算して出力する。

【0025】ガード期間幅移動平均回路305、306は、ガード期間に対応する区間を対象として、Iチャンネル信号およびQチャンネル信号の移動平均を算出する。その結果、例えば、図6(C)に示すような相関値が出力されることになる。

【0026】電力演算回路307は、ガード期間幅移動平均回路305、306から出力されたIチャンネルおよびQチャンネルの相関値を示す信号の各々の電力を算出するとともに、得られた電力量を加算して、最大値検出回路308に出力する。

【0027】最大値検出回路308は、電力演算回路307から出力された、電力量を示す信号の最大値を検出する。図6(C)に示すように、各相関値は、各シンボルの境界部分で最大となるので、最大値検出回路308

が最大値を検出したタイミングにおいて、高速フーリエ変換回路112を制御してFFT演算を実行させることにより、シンボルの周期と正確に同期して演算を実行することが可能となる。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】ところで、現在ヨーロッパにおいてDVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)と呼ばれるOFDM方式を用いた地上波デジタル伝送方式の規格が検討されているが、この規格ではガード期間として、有効シンボル期間の1/4時間、1/8時間、1/16時間、および、1/32時間の4種類が使用可能であることが規定されている。

【0029】受信側において、例えば、送信側において用いられているガード期間が分からない場合(例えば、受信装置の電源がONの状態にされた場合など)において、どのガード期間を用いて伝送がなされているかを検出するためには、ガード期間を示す情報をデコードして取得する必要がある。

【0030】しかしながら、このようなガード期間を示す情報をデコードするためには、信号を受信する必要があるため、ガード期間が既知でなければならないという矛盾が生ずる。従って、現在使用されているガード期間が分からない限り、情報を受信することができないという課題があった。

【0031】本発明は、以上のような状況に鑑みてなされたものであり、上述したOFDM信号をデコードすることなくガード期間を推定してOFDMシンボル信号を再生し、さらにOFDM信号がデコードされた後はOFDM信号に含まれるガード期間情報を用いてOFDMシンボル周期の再生が行えるOFDM受信機のシンボル周期検出回路を提供することである。

【0032】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の受信装置は、OFDM信号を基底帯域信号に変換する変換手段と、変換手段により得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延する遅延手段と、変換手段により得られた基底帯域信号と、遅延手段により遅延された基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出する算出手段と、算出手段により算出された相関値の最大値を検出する検出手段と、検出手段により検出された最大値の周期を算定する算定手段と、算定手段により算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定する判定手段と、判定手段が、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、想定されるガード期間を適宜変更する変更手段とを備えることを特徴とする。

【0033】請求項6に記載の受信方法は、OFDM信号を基底帯域信号に変換する変換ステップと、変換ステ

ップにより得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延する遅延ステップと、変換ステップにより得られた基底帯域信号と、遅延ステップにより遅延された基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出する算出ステップと、算出ステップにより算出された相関値の最大値を検出する検出ステップと、検出ステップにより検出された最大値の周期を算定する算定ステップと、算定ステップにより算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定する判定ステップと、判定ステップが、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、想定されるガード期間を適宜変更する変更ステップとを備えることを特徴とする。

【0034】請求項1に記載の受信装置においては、OFDM信号を基底帯域信号に変換手段が変換し、変換手段により得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延手段が遅延し、変換手段により得られた基底帯域信号と、遅延手段により遅延された基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出手段が算出し、算出手段により算出された相関値の最大値を検出手段が検出し、検出手段により検出された最大値の周期を算定手段が算定し、算定手段により算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定手段が判定し、判定手段が、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、変更手段が想定されるガード期間を適宜変更する。例えば、受信されたOFDM信号を基底帯域信号に変換手段が変換し、変換手段により得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延手段であるメモリが遅延し、変換手段により得られた基底帯域信号と、遅延手段により遅延された基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出手段が算出し、算出手段により算出された相関値の最大値を検出手段が検出し、検出手段により検出された最大値の周期を算定手段が算定し、算定手段により算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定手段が判定し、判定手段が、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、変更手段が想定されるガード期間を適宜変更し、これらが一致するように制御する。

【0035】請求項6に記載の受信方法においては、OFDM信号を基底帯域信号に変換ステップが変換し、変換ステップにより得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延ステップが遅延し、変換ステップにより得られた基底帯域信号と、遅延ステップにより遅延された

基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出ステップが算出し、算出ステップにより算出された相関値の最大値を検出ステップが検出し、検出ステップにより検出された最大値の周期を算定ステップが算定し、算定ステップにより算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定ステップが判定し、判定ステップが、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、所定の期間を変更する。例えば、受信されたOFDM信号を基底帯域信号に変換ステップが変換し、変換ステップにより得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延ステップであるメモリが遅延し、変換ステップにより得られた基底帯域信号と、遅延ステップにより遅延された基底帯域の信号との相関値を想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出ステップが算出し、算出ステップにより算出された相関値の最大値を検出ステップが検出し、検出ステップにより検出された最大値の周期を算定ステップが算定し、算定ステップにより算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを判定ステップが判定し、判定ステップが、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には、変更ステップが想定されるガード期間を適宜変更し、これらが一致するように制御する。

【0036】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の形態の構成例を示すブロック図である。なお、この回路は、図4に示すOFDM受信機の相関値演算回路113として構成されている。この図において、ファーストインファーストアウトメモリ（以下、FIFOと略記する）501、502（遅延手段）は、デマルチプレクサ106（変換手段）により基底帯域に変換されたOFDM信号のIチャンネルデータとQチャンネルデータをそれぞれ1有効シンボル期間だけ遅延して出力するようになされている。符号反転回路503は、FIFO502から出力された信号の符号を反転して出力するようになされている。

【0037】複素乗算回路504は、遅延されていないIチャンネルデータとQチャンネルデータをI、Qと表し、遅延されたIチャンネルデータとQチャンネルデータをそれぞれ I^{-1} 、 Q^{-1} と表すと、以下に示す複素演算を1クロック毎に（図4に示すクロック発振回路116から出力されるクロック信号に同期して）行い、演算結果を実数成分と虚数成分とに分けて、それぞれ、移動平均値回路505、506（算出手段）に対して出力するようになされている。なお、ここで、jは虚数を表す。

【0038】

$$(I+jQ)(I^{-1}-jQ^{-1}) \cdots (1)$$

【0039】移動平均値演算回路505、506は、制御回路517（判定手段、変更手段、第2の検出手段、第2の算出手段、抽出手段）から供給される現在想定されているガード期間を示すデータ（詳細は後述する）に対応して、I軸データおよびQ軸データのそれぞれの移動平均を1クロック毎に算出して出力するようになされている。例えば、制御回路517から供給された現在想定されているガード期間幅のデータがTgrである場合には、移動平均値演算回路505、506は、Tgrの期間に亘って、I軸データおよびQ軸データの移動平均を算出して出力する。

【0040】2乗演算回路507、508（算出手段）は、移動平均値演算回路505、506より1クロック毎に出力される移動平均値をそれぞれ2乗して出力するようになされている。加算回路509（算出手段）は、2乗演算回路507、508の出力を加算して出力する。

【0041】メモリ510、511（検出手段）は、制御回路517に制御され、加算回路509から出力される移動平均値の所定の期間における最大値を格納するようになされている。カウンタ512、513（算定手段）は、制御回路517によりリセットされ、リセット後は、クロック発生回路116から出力されるクロック信号に同期してカウントアップを行うようになされている。

【0042】メモリ515、516は、制御回路517*

$$Tu+Tgr-offset < C1, C2 < Tu+Tgr+offset$$

... (2)

【0048】更に、C1、C2の値が以下の範囲にある場合を範囲Bと表す。

【0049】

$$Tu < C1, C2 < Tu + 2 \cdot Tgr \cdots (3)$$

【0050】なお、offsetは、Tgr>offsetを満足する所定の値であり、例えば、offset=20とする。

【0051】ステップS1の処理が終了すると、ステップS2に進み、制御回路517は、Tu+Tgmaxの区間における最大値を検出し、これを仮のシンボルの境界値とする。即ち、制御回路517は、制御状態0の処理として以下の処理を実行する。

【0052】制御回路517は、カウンタ512が0から(Tu+Tgmax)までカウントする間、クロック発振回路116から出力されるクロック信号に同期して加算回路509から出力される相関値と、メモリ510に記憶されている値とを比較する。その結果、メモリ510に格納されている値の方が加算回路509から出力される相関値よりも小さい場合と判定した場合は、メモリ510の値を相関値により更新するとともに、カウンタ513をリセットする。以上の動作をカウンタ512※50

*の制御に応じて、カウンタ512またはカウンタ513のカウンタ値を一時的に格納するようになされている。

【0043】制御回路517は、メモリへの書き込みや読み出しのタイミングなどを制御するようになされている。シンボル周期カウンタ518は、有効シンボル期間（以下、Tuと表す）と、現在想定しているガード期間（以下、Tgrと表す）を加算した周期(Tu+Tgr)で動作しており、そのカウンタ値が“0”となった時点でシンボル周期信号519を出力する。また、OFDM信号がデコード可能となり、それに含まれるガード期間情報520が入力され始めると、シンボル周期カウンタ518は以後その情報の周期で動作する。

【0044】次に、以上の実施の形態の動作について図2を参照して説明する。

【0045】図2は、図1に示す実施の形態において実行される処理について説明するフローチャートである。この処理が実行されると、ステップS1において、制御回路517は、カウンタ512、513およびメモリ510、511、515、516をリセットする。また、現在想定しているガード期間(Tgr)として、第1番目の（最小の）想定値Tg1を設定する。

【0046】なお、以下では、想定される最長のガード期間をTgmaxと記述し、カウンタ512、513の値をそれぞれC1、C2と記述する。また、C1、C2の値が以下の範囲にある場合を範囲Aと表す。

【0047】

※のカウンタ値が(Tu+Tgmax)になるまで繰り返して実行し、C1の値が(Tu+Tgmax)になった時点でステップS3に進む。

【0053】いま、図3(A)に示すような、第n番目および第(n+1)番目のOFDMシンボルが、図1に示す回路に入力されたとすると、ステップS1において初期設定が行われた後、ステップS2に進み、仮のシンボルの境界が検出されることになる。即ち、FIFO501、502により1有効シンボル期間だけ遅延されたIまたはQデータは図3(B)に示すようになる。そして、遅延された信号と元の信号との間で、期間Tgrに亘って、移動平均値演算回路505、506、2乗演算回路507、508および加算回路509が相関値を求めると、これら2つの信号において、最も相関が高い部分、即ち、送信ガード期間部分において相関値が最大となる。従って、(Tu+Tgmax)の期間に亘って、相関値が最大値となる部分を検出することにより、第n番目と第(n+1)番目のシンボル境界を検出することができる。

【0054】続くステップS3では、制御回路517は、制御状態1として以下の動作を実行する。即ち、制

御回路517は、カウンタ513が0から($T_u + 2 \cdot T_{gmax}$)までカウントする間、クロック信号に同期して加算回路509から出力される相関値を観測し、メモリ510を用いて範囲Aにおける相関値の最大値を検出し、最大値が検出された時点でのカウンタ値C2をメモリ516に記憶させ、同時にカウンタ512をリセットする。更に、メモリ511を用いて範囲Bにおける相関値の最大値を検出し、最大値を検出した時点におけるC2の値をメモリ515に記憶させる。そして、C2の値が($T_u + T_{gmax}$)になった時点でメモリ515とメモリ516の記憶内容を比較し、一致している場合はステップS5に進み、また、一致していない場合にはステップS4に進み、現在想定している T_{gr} に ΔT を加算し、ステップS2に戻り、前述の場合と同様の処理を繰り返す。

【0055】いま、送信側におけるガード期間(以下、 T_{gs} と表す)が受信側が現在想定しているガード期間 T_{gr} よりも大きい場合($T_{gs} > T_{gr}$ の場合)には、範囲Aと範囲Bの関係は、図3(C)に示すようになる。この場合、範囲Aには最大値の平坦部分が含まれていないことから、範囲Aの最大値が検出されたとき(範囲Aの末尾に対応するとき)のカウンタ値と範囲Bの最大値が検出されたときのカウンタ値は異なるので、ステップS3ではNOと判定されて、 T_{gr} の値が増加された後、再度ステップS2に戻ることになる。また、図3(D)に示すように、 T_{gs} と T_{gr} が等しい場合($T_{gs} = T_{gr}$ の場合)には、範囲Aと範囲Bにおける最大値は一致することになるので、ステップS3では、YESと判定されてステップS5に進むことになる。更に、図3(E)に示すように、 $T_{gs} < T_{gr}$ の場合には、範囲Aと範囲Bにおける最大値が一致しないことになるので、ステップS3ではNOと判定されることになる。但し、このような場合は、実際の処理においては発生しないため($T_{gs} = T_{gr}$ となった場合は次のステップに進むため)、回路構成上において特に留意する必要はない。

【0056】ステップS5では、制御回路517は、制御状態2として以下の動作を実行する。即ち、制御回路517は、カウンタ512が0から($T_u + 2 \cdot T_{gr}$)までカウントする間、クロック信号に同期して加算回路509から出力される相関値とメモリ510の値を比較し、範囲Aにおける相関値の最大値を検出する。そして、最大値を検出した時点でのC1の値をメモリ516に記憶させ、同時にカウンタ513をリセットする。更に、メモリ511を用いて範囲Bにおける相関値の最大値を検出し、最大値を検出した時点でのC1をメモリ515に記憶させる。C1が($T_u + 2 \cdot T_{gr}$)になった時点でメモリ515とメモリ516の記憶内容を比較し、一致している場合はステップS6に移行し、また、一致していない場合にはステップS4に進み、現在

想定している T_{gr} に ΔT の値を加算し、ステップS2に戻り、前述の場合と同様の処理を繰り返す。

【0057】いま、受信側が想定しているガード期間 T_{gr} が T_{gs} と等しい状態である場合には、図3(D)に示すように、範囲Aと範囲Bにおける最大値の位相が等しくなるので、ステップS5においてYESと判定され、ステップS6に進むことになる。

【0058】ステップS6では、制御回路517は、制御状態3として以下の動作を実行する。即ち、制御回路517は、カウンタ513が0から($T_u + 2 \cdot T_{gr}$)までカウントする間に、クロック信号に同期して加算回路509から出力される相関値を観測し、メモリ510を用いて範囲Aにおける相関値の最大値を検出し、最大値を検出した時点でのC2をメモリ516に記憶させる。そして、C2が($T_u + 2 \cdot T_{gr}$)になった時点で、カウンタ513に T_{gr} を初期値として代入して、以上のような動作を数シンボル区間に亘って繰り返し、最大値を検出した時点におけるC2の平均値を求め、カウンタ513のカウント値がこの平均値に等しくなった時点で、カウンタ512およびシンボル周期カウンタ518をリセットし、ステップS7に移行する。

【0059】いま、図3(D)に示す状態であるとする、範囲Aにおいて最大値が検出された時点でのカウンタ513のカウント値C2の平均値が数シンボル期間に亘って求められ、得られた平均値とカウンタ513の値が一致した場合には、ステップS7に進むことになる。

【0060】ステップS7では、制御回路517は、制御状態4として以下の動作を実行する。即ち、シンボル周期カウンタ518は、($T_u + T_{gr}$)周期で動作しており、シンボル周期カウンタ518のカウント値が0となった時点でシンボル周期信号519を出力する。また、OFDM信号がデコード可能となりそれに含まれるガード期間情報520が制御回路517に入力され始めると、シンボル周期カウンタ518は、以後、入力されたその情報の周期で動作する。即ち、ガード期間が確定している場合の動作状態(通常の動作状態)に移行することになる。

【0061】制御回路517は以上のような動作によって、検出した相関値の最大値の周期と、想定OFDMシンボル周期($T_u + T_{gr}$)との比較を行い、正確なガード期間 T_{gr} を推定してOFDMシンボル信号を再生する。

【0062】以上の実施の形態によれば、受信側において、送信側におけるガード期間が分からない場合においても、ガード期間を推定し、推定されたガード期間によりOFDM信号の再生を行い、一旦、OFDM信号の再生が開始されると、OFDM信号に含まれているガード期間を示す情報を抽出し、得られた情報に基づいて正確に再生を行うことができる。

【0063】

【発明の効果】請求項1に記載の受信装置および請求項6に記載の受信方法においては、OFDM信号を基底帯域信号に変換し、得られた基底帯域信号を有効シンボル期間だけ遅延し、基底帯域信号と、遅延された基底帯域の信号との相関値を、想定されるガード期間に対応する所定の期間に亘って算出し、算出された相関値の最大値を検出し、検出された最大値の周期を算定し、算定された最大値の周期と、有効シンボル期間および想定されるガード期間を加算することにより得られる想定OFDMシンボル周期とが一致するか否かを定し、最大値の周期と想定OFDMシンボル周期とが一致しないと判定した場合には想定されるガード期間を適宜変更するようにしたので、送信されているOFDMシンボル周期を受信側が予め知ることなく、再生することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の構成の一例を説明するブロック図である。

【図2】図1の実施の形態の動作を説明するフローチャートである。

ートである。

【図3】受信側の想定ガード期間と、相関値との関係の一例を示すタイミング図である。

【図4】従来のOFDM受信装置の構成例を示すブロック図である。

【図5】従来におけるOFDMシンボル検出装置の構成例を示す図である。

【図6】OFDM受信信号と有効シンボル時間遅延信号との相関関係を示すタイミング図である。

【符号の説明】

106 デマルチプレクサ(変換手段), 501, 502 FIFO(遅延手段), 505, 506 移動平均値演算回路(算出手段), 507, 508 2乗演算回路(算出手段), 509 加算回路(算出手段), 510, 511 メモリ(検出手段), 512, 513 カウンタ(算定手段), 517 制御回路(判定手段、変更手段、第2の検出手段、第2の算出手段、抽出手段)

【図1】

